

MODEL MAKROEKONOMI TERHADAP PENGGUNAAN ENERGI YANG BERHUBUNGAN DENGAN EMISI KARBON DIOKSIDA (CO₂) DI SEKTOR INDUSTRI

THE MACROECONOMIC MODEL TO USE OF ENERGY-RELATED CARBON DIOXIDE (CO₂) EMISSIONS IN THE INDUSTRIAL SECTOR

Ida Febriana

Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang 30139
email: i.febriana@yahoo.com

ABSTRACT

It was studied on the macroeconomic model to the use of energy-related carbon dioxide (CO₂) emissions in the industrial sector. The aims of this case study is to modify the macroeconomic models to stabilize carbon dioxide emissions in the atmosphere with the application of energy efficiency technologies in order to minimize the production of carbon dioxide. The parameters measured are gross domestic product, energy consumption of carbon, carbon energy demand, energy intensity of carbon and carbon dioxide produced. The results of the case study show that in 2010- 2020 the gross domestic product is predicted to decrease by 0.9% both for "high model" and "low" model, carbon energy demand is predicted to decrease by 1.5% for the case of "high model" and amounted to 4, 4% for the case of "low" model, predicted carbon energy intensity was reduced by 0.5% for the case of "high model" and of 1.5% for the case of "low model", and for the reduction of carbon emissions in production is predicted to decrease by 1.5% in the case of "high model" and was reduced by 4.8% in the case of "low model".

Keywords: Macroeconomic, industry sector, carbon dioxide

PENDAHULUAN

Gas rumah kaca menjadi salah satu topik lingkungan yang paling penting akhir-akhir ini.

Dampak terhadap isu perubahan iklim menjadikannya salah satu masalah lingkungan di dunia internasional. Gas rumah kaca adalah gas dalam atmosfer bumi yang mengumpulkan panas dan cahaya dari matahari. Akibat terlalu banyak gas rumah kaca di udara, atmosfer bumi akan mengumpulkan terlalu banyak panas dan bumi akan menjadi panas. Akibatnya orang, hewan, dan tumbuhan akan mati karena panas akan semakin besar. Pemanasan global adalah ketika bumi memanas (suhu meningkat). Ini terjadi ketika gas rumah kaca (karbon dioksida, uap air, nitrogen oksida, dan metana) menangkap panas dan cahaya dari matahari di atmosfer bumi sehingga meningkatkan suhu. Hal ini akan merugikan banyak orang, hewan, dan tumbuhan.

Di India, kontribusi gas rumah kaca terbesar dari karbon dioksida, metana dan dinitrogen oksida (Gupta.S, and H. Stephen., 1997). Porsi terbesar dari emisi ini dihasilkan oleh sektor kehutanan dan energi. Gas terbesar kedua yang mempengaruhi pemanasan global adalah gas metana (IPCC. 2005). Emisi metana terbesar berasal dari sektor pertanian (termasuk peternakan). Sektor energi dan kehutanan merupakan penghasil emisi gas rumah kaca terbesar. Pada tahun 1990 penggunaan kehutanan dan lahan menghasilkan 42,5% dari total emisi gas rumah kaca, sedangkan sektor energi yang dihasilkan 40,9%,

diikuti oleh emisi dari sektor pertanian (13,4%), manufaktur (2,4%) dan limbah (0,8%) (DFID, 2007). Total konsumsi energi (komersial dan non komersial) yang berhubungan dengan tingkat, struktur, dan karakteristik dari PDB dan populasi. Permintaan energi komersial dipengaruhi oleh parameter demografi dan struktur PDB. Permintaan energi non-komersial yang diperoleh untuk mengurangi permintaan energi komersial dari total permintaan energi. Energi komersial dibagi menjadi energi listrik dan non-listrik. Energi komersial non-listrik dibagi menjadi energi batubara, minyak, dan gas (Repetto. R., 2009).

Kegiatan konversi hutan dan pembukaan lahan merupakan kegiatan yang menghasilkan sebagian besar emisi gas rumah kaca, terutama CO₂. Hal ini terjadi karena dalam proses perubahan penggunaan lahan, pembakaran biomassa yang banyak dilakukan (sisa-sisa pohon seperti cabang, ranting dan daun) dan kebakaran hutan. Pembakaran ini menghasilkan lebih dari sepertiga dari keseluruhan emisi gas rumah kaca dari semua sektor. Di sektor energi, sebagian besar emisi CO₂ yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil. Selain CO₂, pembakaran bahan bakar fosil juga menghasilkan N₂O gas yang merupakan gas rumah kaca dengan potensi pemanasan global yang tinggi (320 x lipat CO₂) (DFID, 2007). Pembakaran bahan bakar fosil ini digunakan oleh kendaraan bermotor dan generator listrik.

Negara-negara di dunia harus bekerja sama untuk mengatasi dampak pemanasan global karena stabilitas ekonomi global dipengaruhi oleh banyak

faktor, serta stabilitas ekonomi suatu negara yang didukung baik dari segi makro dan mikro. Perubahan iklim yang menyebabkan pemanasan global memiliki dampak serius pada perekonomian dunia. Dalam sebuah studi penelitian yang dilakukan *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO) Diperkirakan, kerugian ekonomi global akibat pemanasan global dapat menembus angka USD \$ 187,807.8 triliun per tahun hingga 2100. Angka ini setara dengan 6- 8% dari output ekonomi global (DESDMRI, 2009). Kebanyakan ilmuwan sekarang setuju suhu rata-rata akan naik 2-6 ° C pada akhir abad.

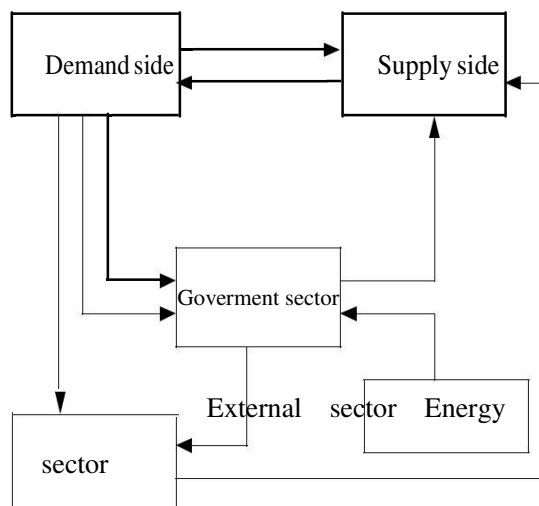
Produk Domestik Bruto (PDB) merupakan fungsi dari output sektor pertanian dan non-pertanian. Tingkat pertumbuhan eksogen ditentukan menentukan output sektor pertanian. Output dari sektor non-pertanian ditentukan oleh kapasitas produksi yang diciptakan melalui akumulasi modal dan oleh sejauh mana kapasitas ini dapat dimanfaatkan. Utilisasi kapasitas tergantung pada ketersediaan impor bahan baku, komponen dan suku cadang. Persyaratan impor pemanfaatan kapasitas penuh tergantung pada jumlah saham dan mengurangi relatif terhadap peningkatan modal, karena ekonomi dan substitusi impor. PDB yang dihasilkan dalam model digunakan untuk konsumsi dan investasi energi baik untuk swasta dan pemerintah (public). Konsumsi pemerintah adalah fungsi pajak yang dikumpulkan, yang tergantung pada output sektor pertanian pertanian dan non. Konsumsi swasta di sisi lain, ditentukan oleh PDB per kapita setelah pajak, serta dengan konsumsi PDB. Tingkat investasi di ekonomi ini ditentukan oleh permintaan dan ketersediaan investasi. Investasi pemerintah, yang ditentukan oleh jumlah pajak yang dikumpulkan dan bantuan yang diterima, mensimulasikan permintaan swasta untuk investasi tetap. Ketersediaan investasi ditentukan oleh identitas PDB. Investasi aktual terdiri dari pembentukan persediaan, kebutuhan penggantian, investasi tetap bersih di sektor pertanian dan investasi tetap di sektor non pertanian (D.LU. et.al. 2010).

Perkembangan terkini dalam pemodelan makroekonomi dengan peningkatan investasi dari sisi penawaran dan representasi yang lebih rinci, serta kemajuan dalam teori estimasi. Kemajuan ini telah memperluas cakrawala teoritis, dan spesifikasi serta validitas model yang dikelola akan membuat model makroekonometrik modern yang cocok untuk menangani isu-isu seperti masalah rumah kaca dalam jangka menengah.

Model makroekonomi untuk Indonesia adalah model permintaan Keynesian dengan sisi penawaran sepenuhnya ditentukan. Model makroekonomi terdiri dari sisi permintaan *agregat*, sisi pasokan, sektor pemerintah, neraca pembayaran rekening dan sektor energi.

Sisi permintaan terdiri dari konsumsi swasta, investasi, konsumsi pemerintah dan ekspor bersih.

Sektor pemerintah termasuk pendapatan pemerintah, pengeluaran pemerintah dan defisit anggaran yang dihasilkan. Defisit menentukan ukuran utang dalam negeri yang bersama-sama dengan cadangan devisa, menentukan stok uang beredar di ekonomi tersebut. Sisi penawaran dimodelkan melalui spesifikasi tingkat harga dalam perekonomian, tingkat upah, harga impor, harga ekspor dan nilai tukar riil. Defisit (surplus) dalam rekening eksternal menentukan sejauh mana menampung arus, serta perubahan cadangan devisa, yang dibutuhkan untuk menyeimbangkan rekening.



Gambar 1. Skema model makroekonomik

Makroekonomi dapat digunakan untuk menganalisis cara terbaik untuk mempengaruhi tujuan kebijakan seperti pertumbuhan ekonomi, stabilitas harga, tenaga kerja dan pencapaian keseimbangan yang berkelanjutan. Ekonomi makro mempelajari variabel-variabel ekonomi secara keseluruhan. Variabel ini meliputi: pendapatan nasional, pekerjaan atau pengangguran, jumlah uang beredar, inflasi, pertumbuhan ekonomi, dan keseimbangan pembayaran internasional. Sementara belajar variabel ekonomi mikro dalam lingkup seperti perusahaan kecil dan rumah tangga.

METODOLOGI PENELITIAN

Pada studi kasus model makroekonomi terhadap penggunaan energi yang berhubungan dengan emisi CO₂ di sektor industri ini didasarkan pada beberapa langkah sebagai berikut :

- Mengumpulkan data dari studi literatur 1971-1990, seperti data produk domestik bruto, konsumsi energi, jumlah energi komersial dan energi fosil, emisi CO₂ terkait energi, dan intensitas energi.
- Membuat prediksi dari total konsumsi energi 1991-2020.
- Membuat prediksi konsumsi energi 1991-2020.
- Membuat prediksi PDB 1991-2020.

- e. Membuat prediksi elastisitas harga untuk permintaan energi 1991-2020.
- f. Membuat prediksi permintaan energi karbon 1991-2020, dengan menggunakan rumus :

$$CE_t = A CEPR_t^\alpha GDP_t \exp(\gamma T)$$
- g. Membuat prediksi intensitas energi 1991-2020

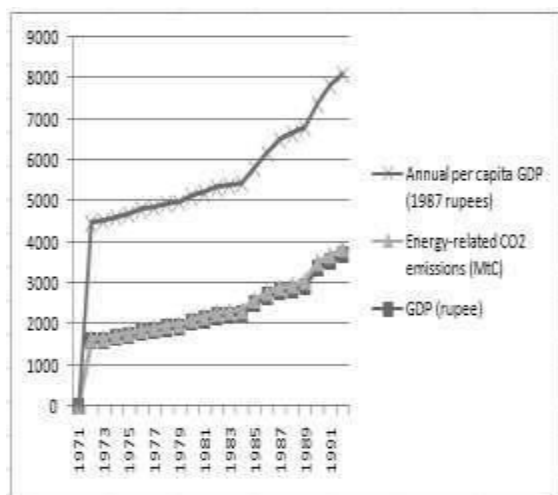
$$Energy\ intensity = \frac{Consumption\ total\ of\ fossil\ fuel}{GDP}$$
- h. Membuat prediksi emisi karbon dari tahun 1990-2020, dengan menggunakan rumus :

$$Q_t = 0.7129 \cdot EC_{t-1} + 1.4286 \cdot EO_{t-1} + 1.7 \cdot E_{t-1}$$

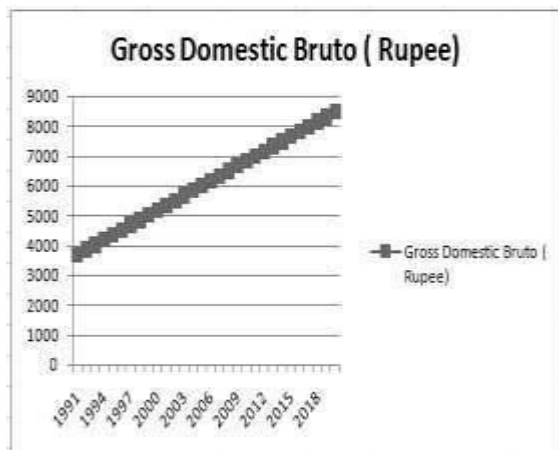
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Produk Domestik Bruto (PDB)

Data hasil literatur PDB yang diperoleh dari tahun 1971 – 1991, dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2. Produk domestik bruto dan Energi penghasil emisi CO2 (Sumber : Source : Coloums 2 and 4 World bank (1993, 1994); Columns 5, 6, 8 and 9 International Energy Agency (1993); Columns 7 and 10 Government of India (1991) *MtC, milion tonnes of carbon



Gambar 3. Prediksi produk domestik bruto

Model ini telah digunakan untuk menghasilkan perkiraan awal dan analisis emisi karbon dengan menerapkan Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) teknologi menggunakan teknik kontrol optimal.

Model ini digunakan di negara india untuk memberikan perkiraan secara makroekonomi sampai tahun 2020. Kasus “*high model*” dan “*low model*” memberikan dasar untuk membandingkan skenario yang berbeda dan untuk menganalisis dampak dari kebijakan yang berbeda. Kinerja ekonomi di bawah inisiatif yang berbeda yang dilakukan untuk mengendalikan emisi CO2. Dampak dari simulasi kebijakan diukur sebagai penyimpangan dari kasus dasar.

Tabel 1. Tingkat pertumbuhan PDB, energi karbon dan emisi CO2 dalam kasus dasar (%)

	Data period (1976-1990)	Forecast period			Forecast average 1991-2020
		1991-2000	2000-2010	2010-2020	
GDP					
High	4.9	4.6	3.9	4.0	4.1
Low	4.9	4.6	3.9	4.0	4.1
Carbon energy demand					
High	5.9	5.7	4.7	4.4	4.9
Low	5.9	5.1	3.5	1.5	3.3
Carbon energy intensity					
High	0.9	0.9	0.8	0.4	0.7
Low	0.9	0.1	-0.4	-2.4	-0.9
Carbon emissions					
High	5.8	5.6	4.6	4.3	4.8
Low	5.8	4.5	3.0	1.0	2.8

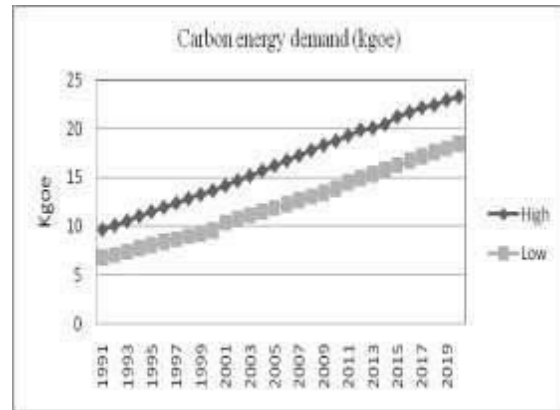
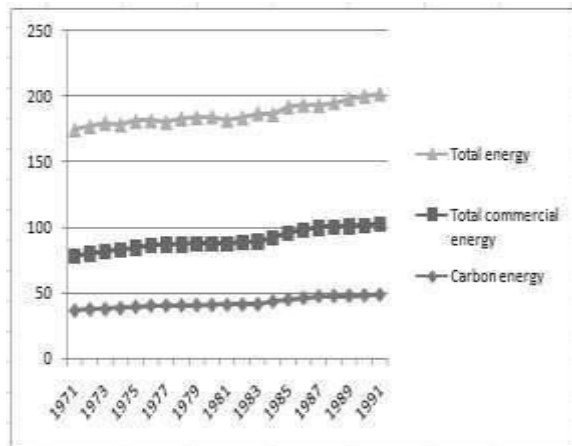
Untuk sektor energi, dua kasus dasar dianggap. Pertama, kasus “*high model*” merupakan sejarah proyeksi permintaan energi. Dan kasus alternatif yang lainnya, yaitu kasus “*low model*”, merupakan inovasi yang cepat di sektor energi, teknologi hemat energi 20% (T. Sandeep., 2008) kurang dari konsumsi pada kasus “*high model*” karena kasus “*low model*” diasumsikan menggunakan teknologi efisiensi energi.

Dari studi kasus tingkat pertumbuhan Produk Domestik Bruto berdasarkan gambar 2, gambar 3, dan tabel 1 dapat dilihat bahwa tingkat pertumbuhan produk domestik bruto meningkat untuk kasus “*high model*” dan “*Low model*” pada tahun 1976-1990 yaitu 4.9%, pada tahun 1991-2000 tingkat pertumbuhan PDB menurun yaitu 4.6%, begitu juga pada tahun 2000-2010 yaitu 3.9%, dan pada tahun 2010-2020 yaitu 4.0%, jadi tingkat pertumbuhan rata-rata dari tahun 1991-2020 untuk kasus “*high model*” dan “*Low model*” yaitu 4.1%. Sehingga hasil studi kasus menunjukkan bahwa pada tahun 2010-2020 produk domestik bruto diprediksi berkurang sebesar 0,9% baik untuk “*high model*” dan “*low model*”.

2. Intensitas Energi Karbon (kgoe per thousand rupee)

Data hasil studi literatur intensitas energi dari tahun 1971 -1991, dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.

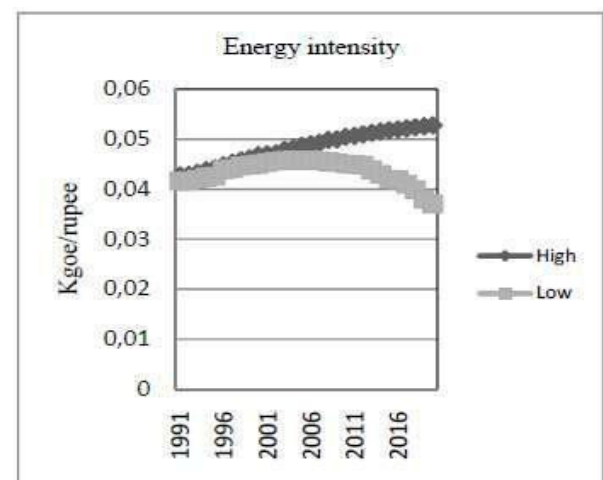
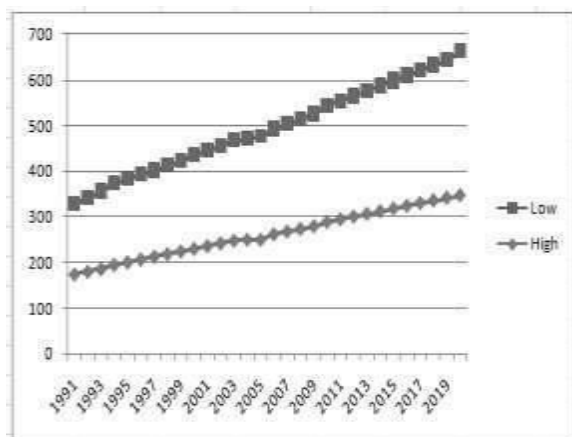
Gambar 4 menunjukkan bahwa dari tahun 1971 – 1991 intensitas energi karbon meningkat sebesar 1.2%, dan dari data ini kita dapat memprediksikan konsumsi bahan bakar fosil dan permintaan energi karbon pada tahun 1991 – 2020.



Gambar 5. Prediksi permintaan energi karbon di India

Untuk studi kasus tingkat pertumbuhan permintaan energi karbon berdasarkan gambar 5 dan tabel 1 dapat dilihat bahwa, pada tahun 1976-1990 baik untuk kasus “*high model*” dan “*Low model*” yaitu 5.9%, pada tahun 1991-2000 untuk kasus “*high model*” yaitu 5.7%, dan untuk kasus “*Low model*” yaitu 5.1%, pada tahun 2000-2010 untuk kasus “*high model*” yaitu 4.7% dan untuk kasus “*Low model*” yaitu 3.5%, pada tahun 2010-2020 untuk kasus “*high model*” yaitu 4.4%, untuk kasus “*Low model*” yaitu 1.5%, sehingga tingkat pertumbuhan rata-rata permintaan energi karbon dari tahun 1991-2020 untuk kasus “*high model*” yaitu 4.9% dan untuk kasus “*Low model*” yaitu 3.3%, jadi permintaan energi karbon diprediksi berkurang sebesar 1,5% untuk kasus “*high model*” dan sebesar 4,4% untuk kasus “*low model*”.

Gambar 4. Intensitas Energi (kgoe per thousand rupees) CO₂ (Sumber : Source : Coloums 2 and 4 World bank (1993, 1994); Columns 5, 6, 8 and 9 International Energy Agency (1993); Columns 7 and 10 Government of India (1991) *MtC, milion tonnes of carbon.



Gambar 5. Prediksi konsumsi bahan bakar fosil (kgoe)

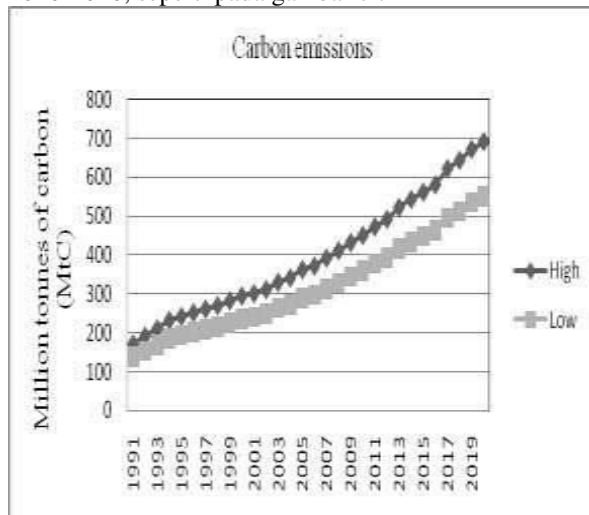
Gambar 6. Prediksi intensitas energi di India

Untuk studi kasus tingkat pertumbuhan intensitas energi karbon berdasarkan tabel 1 dan gambar 6, pada tahun 1976-1990 untuk kasus “*high model*” dan “*Low model*” yaitu 0.9%, pada tahun 1991-2000 untuk kasus “*high model*” yaitu 0.9%, untuk kasus “*Low model*” yaitu 0.1%, pada tahun

2000-2010 untuk kasus “*high model*” yaitu 0.8%, untuk kasus “*Low model*” yaitu -0.4%, pada tahun 2010-2020 untuk kasus “*high model*” yaitu 0.4%, untuk kasus “*Low model*” yaitu -2.4%, sehingga tingkat pertumbuhan rata-rata intensitas energi karbon untuk kasus “*high model*” yaitu 0.7%, dan untuk kasus “*Low model*” yaitu -0.9%, jadi tingkat pertumbuhan intensitas energi karbon diprediksi berkurang sebesar 0,5% untuk kasus “*high model*” dan sebesar 1,5% untuk kasus “*low model*”.

3. Emisi Karbon

Emisi karbon yang dihasilkan di sektor industri ini ternyata cukup signifikan, hal ini terlihat dari hasil studi literatur intensitas energi karbon, PDB dan konsumsi energi dari tahun 1971-1991. Dari hasil prediksi permintaan energi karbon dan prediksi intensitas energi karbon yang diperoleh, maka kita dapat mengetahui prediksi emisi karbon untuk tahun 2010-2020, seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Prediksi emisi karbon di India

Hasil studi kasus tingkat pertumbuhan emisi karbon berdasarkan tabel 1 dan gambar 7, pada tahun 1976-1991 untuk kasus “*high model*” dan “*Low model*” yaitu 5.8%, pada tahun 1991-2000 untuk kasus “*high model*” yaitu 5.6%, untuk kasus “*Low model*” yaitu 4.5%, pada tahun 2000-2010 untuk kasus “*high model*” yaitu 4.6%, untuk kasus “*Low model*” yaitu 3.0%, pada tahun 2010-2020 untuk kasus “*high model*” yaitu 4.3%, untuk kasus “*Low model*” yaitu 1.0%, sehingga tingkat pertumbuhan emisi karbon rata-rata dari tahun 1991-2020 untuk kasus “*high model*” yaitu 4.8%, untuk kasus “*Low model*” yaitu 2.8%. Oleh karena itu, pengurangan emisi karbon yang diproduksi dapat diprediksi akan berkurang sebesar 1,5% pada kasus “*high model*” dan berkurang sebesar 4,8% pada kasus “*low model*”.

KESIMPULAN

Model simulasi ekonomi antara kombinasi kasus dasar “*high model*” dengan kasus dasar “*low model*” menunjukkan bahwa teknologi efisiensi energi merupakan metode yang cukup signifikan dalam mengurangi emisi karbon dioksida.

Pada tahun 2010-2020 produk domestik bruto diprediksi berkurang sebesar 0,9% baik untuk “*high model*” dan “*low model*”.

Pada tahun 2010-2020 permintaan energi karbon diprediksi berkurang sebesar 1,5% untuk kasus “*high model*” dan sebesar 4,4% untuk kasus “*low model*”. Intensitas energi karbon diprediksi berkurang sebesar 0,5% untuk kasus “*high model*” dan sebesar 1,5% untuk kasus “*low model*” pada tahun 2010-2020.

Untuk pengurangan emisi karbon yang di produksi diprediksi akan berkurang sebesar 1,5% pada kasus “*high model*” dan berkurang sebesar 4,8% pada kasus “*low model*” pada tahun 2010-2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Boone, G., Clarke, R., Winters, L. A., 1991. *The macroeconomic consequences of controlling greenhouse gases: A survey*. HMSO, London.
- Bergin, A., Gerald, F. J., and Kearney, I., 2002. *The macro-economic effects of using fiscal instruments to reduce greenhouse gas emissions*. The Economic and Social Research Institute, Dublin.
- Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research (4CMR), Cambridge Econometrics (CE) Ltd., Policy Studies Institute (PSI), Herring, H., 2006. *The macro-economic rebound effect and the UK economy*. America.
- DGEED (Directorate General of Electricity and Energy Development), 2000 : Statistics and Information of Electric Power and Energy, Jakarta.
- DFID (Department For International Development), March 2007 : *Indonesia and Climate Change*, Jakarta.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Launching World Energy Outlook 2009. Jakarta.
- D.LIU, et.al., 2010. *Study on Integrated Simulation Model of Economic, Energy and Environment Safety System under the low-carbon policy in Beijing*. China.
- Gupta, S, and H. Stephen., 1997. *Stabilizing Energy Related CO2 Emissions For India*. Journal of energy economics vol.19 No.2. pp. 125-150. India.
- G. Dolf., N. John., and P. K. Martin., 2008. *Reducing industrial energy use and CO2 emissions: the role of material science*. Harnessing material for energy, MRS bulletin, vol. 33. p. 471-477.
- Hoeller, P., Dean, A., and N. Jon., 1991. *Macroeconomic implications of reducing greenhouse gas emissions: a survey of empirical studies*. OECD Economic Studies. No. 16. Spring.
- I. Febriana., M.D. Bustan., S. Haryati., 2011. *Stabilizing Of CO2 Emissions In India Industrial Sectors*. Sriwijaya University.

- Irwani. A, and S. Armi., 2005. *Indonesian Energy Development Impact of Global Climate Policy*. Jakarta.
- Irmansyah., 2004. *Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca*. Institute Pertanian Bogor.
- IPCCspecial report on Carbon Dioxide Capture and Storage., 2005. *Prepared by working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- IPCC : *IPCC special report on Carbon Dioxide Capture and Storage.*, 2005, New York.
- Labandeira. X., Labeaga. M. J., and Rodriguez. M., 2003. *Effects of green tax reforms in spain. A new analytical approach integrating micro and macro-economic models*. Department of Applied Economics (Vigo University).
- Marpaung, S., et al., 2008. *Kajian dan Sosialisasi Perubahan Iklim serta Antisipasi Dampaknya*. Bandung.
- Oktavianti, W. 2011. *Fuel switching system optimization model in industrial sector for CO₂ and CH₄ emission reduction*. Chemical Engineering University.
- Parikh. J., 1997. *Energy Models for 2000 and Beyond*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Repetto. R., 2009. *Economic impacts of reducing greenhouse gas emissions*. United Nations Foundation
- R. P. Budy, et. Al., 2008. *Greenhouse gas emission in Indonesia: the significance of fossil fuel combustion*. Jakarta, Indonesia.
- Statistika Ekonomi Energi Indonesia., 2004 : Pusat Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- Susandi, A. and R.S.J. Tol., 2004. *Impact of international emission reduction on energy and forestry sector of Indonesia*, FNU-53 (submitted)
- S, Agus., 2005. *Penggunaan Energi dan Pemanasan Global*: Prospek bagi Indonesia.
- Shackleton. R, et. Al., 1993. *The Efficiency Value of Carbon Tax Revenues*. Energy Modelling Forum Terman Engineering Center Stanford University, California.
- Triana. P, M. Shuhaimi, M. I. Abdul Mutalib, and M. D. Bustan., 2010. *A Fuel and Utility System Optimization Model for Greenhouse Gas Reduction*. Teknik kimia malaysia.
- T. Sandeep., 2008. *IGCC Technology Choice For Future Power Development in India*. Asia Cleaner Energy Forum.Manila.

